

А.О. Сазонова, А.А. Дроздов

A.O. Sazonova, A.A. Drozdov

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

КЛАССИФИКАЦИЯ И МЕСТО САМ-СИСТЕМ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

CLASSIFICATION AND PLACE OF CAM-SYSTEMS IN AUTOMATED DESIGN SYSTEM

Представлена классификация систем автоматизированного проектирования в машиностроении, указано место САМ-систем и проведен обзор некоторых САМ с выделением основных факторов для анализа.

The article presents a classification of automated design system in mechanical engineering, specified place CAM-systems and a review of some CAM identifying the main factors for analysis.

Ключевые слова: САМ, САМ-система, САД/САМ/САЕ, классификация, САПР.

Keywords: САМ, САМ-system, САД/САМ/САЕ, classification, automated design system.

Современное машиностроение характеризуется широким спектром проектных работ, сложностью конструкции, сжатыми сроками выполнения заказов, усилением конкурентной борьбы на рынке. Все это вынуждает проводить работы на современном техническом уровне, поэтому конструирование, анализ, технологическая подготовка производства осуществляется с использованием интегрированных систем автоматизированного проектирования (САПР).

Система автоматизированного проектирования – система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности [1]. В свою очередь, выбор САПР и организация работы с ними, проходящая в рамках единой концепции развития средств проектирования и технологической подготовки производства, способной решать задачи нелинейного формообразования, невозможны без анализа накопленных знаний в этой области [2].

Компьютерное моделирование техпроцесса во многом ускоряет процесс изготовления деталей за счет выявления и устранения возможных ошибок на этапах конструирования, подготовки производства и изготовления изделия. Оптимизация ранее созданных технологических процессов необходима в силу долгосрочного их использования и стремления к уменьшению расходов на производство [3]. Рассматривая САМ-системы, невозможно не коснуться также САД- и САЕ-систем, так как в производстве они тесно взаимосвязаны.

За почти 40-летний период существования САД/САМ/САЕ-систем сложилась их общепринятая международная классификация:

1. Чертежно-ориентированные системы, которые появились первыми, в 70-е гг. (успешно применяются в некоторых случаях до сих пор).

2. Системы, позволяющие создавать трехмерную электронную модель объекта, которая дает возможность решения задач его моделирования вплоть до момента изготовления.

3. Системы, поддерживающие концепцию полного электронного описания объекта (EPD, Electronic Product Definition). EPD – это технология, которая обеспечивает разработку и поддержку электронной информационной модели на протяжении всего жизненного цикла изделия. Вследствие разработки EPD-концепции и появились основания для превращения автономных САД-, САМ- и САЕ-систем в интегрированные САД/САМ/САЕ-системы.

Традиционно существует также деление САД/САМ/САЕ-систем на системы верхнего, среднего и нижнего уровня. Следует отметить, что это деление является достаточно условным, так как сейчас наблюдается тенденция приближения систем среднего уровня (по различным параметрам) к системам верхнего уровня, а системы нижнего уровня все чаще перестают быть просто двумерными чертежно-ориентированными и становятся трехмерными.

Примерами САД/САМ-систем верхнего уровня являются Pro/Engineer, Unigraphics, CATIA (все они имеют расчетную часть САЕ). Наиболее известными САД/САМ-системами среднего уровня на основе ядра ACIS являются: ADEM, Cimatron (Cimatron Ltd.), Mastercam (CNC Software, Inc.), AutoCAD 2000, Powermill (DELCAM) и др. К числу САД/САМ-систем среднего уровня на основе ядра Parasolid принадлежат CADKEY 99 (CADKEY Corp.); SolidWorks (SolidWorks Corp.), Unigraphics Modeling (Unigraphics Solutions) и др. САД-системы нижнего уровня (например, Medusa, TrueCAD, «Компас» и др.) применяются только при автоматизации чертежных работ [4].

По целевому назначению различают следующие САПР или подсистемы САПР, которые обеспечивают различные аспекты проектирования [5].

САД (англ. computer-aided design/drafting) – средства автоматизированного проектирования, в контексте указанной классификации термин обозначает средства САПР, предназначенные для автоматизации двумерного и/или

трехмерного геометрического проектирования, создания конструкторской и/или технологической документации, и САПР общего назначения.

CADD (англ. computer-aided design and drafting) – средство проектирование и создание чертежей.

CAGD (англ. computer-aided geometric design) – средство геометрического моделирования.

CAE (англ. computer-aided engineering) – средства автоматизации инженерных расчетов, анализа и симуляции физических процессов, осуществляют динамическое моделирование, проверку и оптимизацию изделий.

CAA (англ. computer-aided analysis) – подкласс средств CAE, используемых для компьютерного анализа.

CAPP (англ. computer-aided process planning) – средства автоматизации планирования технологических процессов, применяемые на стыке систем CAD и CAM.

Многие системы автоматизированного проектирования совмещают в себе решение задач, относящихся к различным аспектам проектирования CAD/CAM, CAD/CAE, CAD/CAE/CAM. Такие системы называют комплексными или интегрированными. С помощью CAD-средств создается геометрическая модель изделия, которая используется в качестве входных данных в системах CAM и на основе которой в системах CAE формируется требуемая для инженерного анализа модель исследуемого процесса.

CAM (англ. computer-aided manufacturing) – подготовка технологического процесса производства изделий, ориентированная на использование ЭВМ. Под термином понимаются как сам процесс компьютеризированной подготовки производства, так и программно-вычислительные комплексы, используемые инженерами-технологами [6].

CAM-системы – программные продукты, позволяющие на основе геометрии 3D-модели создавать управляющие программы для обработки данной детали на разнообразном оборудовании (3-осевые и 5-осевые фрезерные станки с ЧПУ; токарные станки, обрабатывающие центры; автоматы продольного точения и токарно-фрезерной обработки; ювелирная и объемная гравировка).

Одной из основных функций инженера является проектирование изделий или технологических процессов их изготовления. Традиционно эти функции разделены как при подготовке специалистов, так и в сфере их деятельности на производстве. Отражая сложившуюся практику исследовательской реализации процессов конструирования и разработки технологии изготовления, системы автоматического проектирования принято делить на два основных вида:

- 1) САПР конструирования изделий,
- 2) САПР технологии их изготовления.

Рассмотрим наиболее известные на сегодняшний день САМ-программы, а также их характеристики и возможности (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительный анализ САМ-программ

Программа	Страна (город)	Компания	Самостоятельная/в составе Product Lifecycle Management	Верификация	Для какой промышленности
T-FLEX CAD	Россия (Москва)	ЗАО «Топ Системы» Tebis Technische Informationssysteme AG	-/+	-	Общее машиностроение
TEBIS	Германия		-/+	+	Общее машиностроение
VISI-Series	Мексика	Vero Software	-/+	-	Аэрокосмическая, автомобильная промышленность
EdgeCAM	Англия	Vero Software	+/-	+	Общее машиностроение
SprutCAM (СПРУТ)	Россия (Набережные Челны)	«СПРУТ-Технология»	+/-	+	Общее машиностроение
UNIGRAPHIC S NX (или NX)	США → Германия	United Computing → Siemens PLM Software	-/+	+	Судостроение, двигателестроение, автомобилестроение, аэрокосмическая, машиностроительная промышленность
ESPRIT	США	DP Technology	-/+	+	Общее машиностроение, медицинская, аэрокосмическая промышленность
MasterCAM	США	CNC Software, Inc.	-/+	+	Общее машиностроение, деревообработка
Cimatron	Израиль	Cimatron Ltd.	-/+	+	Автомобильная, авиационная, космическая, медицинская промышленность, производство электроники и товаров широкого потребления
CATIA	Франция	Dassault Systèmes (HQ)	-/+	+	Аэрокосмическая, автомобильная, радиоэлектронная, судостроительная промышленность

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
VX	Китай	VX Corp. → ZWSOFT	-/+		Общее машиностроение
PEPS CAD/CAM system	Германия	Samtek	+/-	-	Общее машиностроение
Power solutions	Великобритания	Small Heath Business Park	-/+	+	Общее машиностроение
ADEM	Россия (Москва)	АДЕМ	-/+	+	Авиационная, атомная, аэрокосмическая, машиностроительная, металлургическая, станкостроительная и другие отрасли промышленности

Как видно из табл. 1, наиболее известными программами на данный момент являются 3 российских программы и 11 иностранных (США – 3, Великобритания – 2, Германия – 2, Мексика, Израиль, Китай, Франция). Среди них самостоятельных (автономных) – 3 наименования, остальные 11 находятся в составе PLM (систем управления жизненным циклом изделия).

При достаточно большом количестве классификаций САМ-систем четкой общепринятой их классификации не существует. Одни авторы классифицируют эти программы по терминам, другие – по назначению (по ориентированности на определенный рынок), третьи – по уровням, и четвертые – по «самостоятельности».

Анализ существующей литературы показал, что большинство авторов рассматривают САД/САМ-системы только в рыночном аспекте, как, например, в [4] и [7] крупные лидеры среди программ выявлялись по количеству проданных лицензий, рабочих мест, по объему доходов. Для инженеров, специалистов этот аспект не представляет особого интереса, поэтому была разработана классификация САМ-систем по набору функций и возможностей. Благодаря этой классификации работник сразу может отсеивать не интересные его приложения и выбрать наиболее подходящие.

Выявлено, что большинство программ обладает схожим набором возможностей и основные различия находятся в интерфейсе, что также учитывается при подборе, так как в большинстве случаев выбор осуществляется в пользу хорошо проработанного, дружественного интерфейса.

В табл. 2 рассмотрены основные возможности и особенности САМ-систем, позволяющие этим системам ориентироваться либо на легкое моделирование, либо на максимально приближенную к реальности симуляцию обработки.

Таблица 2

Функции САМ-систем

Программа	Возможности	Примечания
T-FLEX CAD	Электроэрозионная обработка, 2–5-координатное фрезерование	
TEBIS	Обработка 3+2 оси, точение, фрезерование	Сканирование поверхностей для анализа геометрии, интерактивное управление инструментами Кроме геометрических элементов может также считывать: – структурную информацию (Product, Part, Assembly, ...); – «стандартные» элементы (Features); – технологическую текстовую и цветовую информацию; – F&TA-элементы (из Catia V5)

Продолжение табл. 2

Программа	Возможности	Примечания
VISI-Series	2–5-координатная механическая обработка, электроэрозионная обработка	Удобное проектирование форм для литья
EdgeCAM	2,5–5-координатная фрезерная обработка токарная обработка, электроэрозионная обработка	Мастер постпроцессоров, библиотека инструментов, исключает холостые проходы инструмента
SprutCAM (СПРУТ)	2,5–5-координатная фрезерная обработка, токарная, токарно-фрезерная обработка, проволочная электроэрозионная обработка, плазменная, лазерная, газовая (кислородная, автогенная) и гидроабразивная резка, ротационная обработка	Возможна разработка программ для управления промышленными роботами
UNIGRAPHICS NX или NX	Токарная обработка, фрезерная обработка на 3–5-осевых станках, токарно-фрезерная, электроэрозионная проволочная обработка	Поддерживает высокоскоростное фрезерование, обработку на основе элементов, токарно-фрезерные многофункциональные станки
ESPRIT	Токарная обработка на многоосевых станках, 2,5-осевое фрезерование, индексация по 4-й и 5-й оси, циркулярное фрезерование по 4-й оси	Реалистичная и точная визуализация
MasterCAM	2–5-координатное фрезерование, электроэрозионная проволочная резка, токарно-фрезерная обработка	Возможно проектирование и создание объемных художественных объектов из плоских шаблонов, рисунков и фотографий. Есть отдельный модуль, предназначенный для деревообработки
Cimatron	Токарная, токарно-фрезерная, проволочная эрозионная обработка, 2, 4 и 5-координатная фрезерная обработка	Поддержка станков с противопинделями, генератор постпроцессоров, реалистичная визуализация обработки
CATIA	Токарная, фрезерная, сверлильная обработка	Больше предназначена для моделирования деталей и кинематики
VX	5-осевая обработка, гравировка по трем осям «умное» сверление отверстий	
PEPS CAD/CAM system	Токарная, фрезерная, сверлильная, электроэрозионная обработка, прессы с ЧПУ, машины термической резки листовых материалов	Генерирование ЧПУ программы

Программа	Возможности	Примечания
Power solutions	Токарная, фрезерная, сверлильная обработка	
ADEM	Фрезерная с произвольным числом управляемых осей, токарная обработка, токарно-фрезерная обработка, эрозионная плоская и объемная обработка, гравирование плоское и объемное, резка (с инструментом автоматической раскладки деталей произвольной формы на листе), лазерная обработка, обработка на прессах с ЧПУ	

Таким образом, CAD/CAM-технологии позволяют добиться двух важных результатов – сократить время изготовления продукции и значительно снизить влияние человеческого фактора (а значит, ошибок).

Самостоятельное, не связанное между собой функционирование систем CAD и CAM дает эффект, размер которого может быть существенно увеличен интеграцией этих систем посредством CAPP. Такая интегрированная система CAD/CAM на информационном уровне поддерживается единой базой данных, в которой хранится трехмерная математическая модель изделия, т.е. информация о его структуре и геометрии (как результат проектирования в системе CAD), о технологии изготовления (как результат системы CAPP) и УП для оборудования с ЧПУ (как исходная информация для обработки в системе CAM на оборудовании с ЧПУ).

На данный момент в мире уже существует большое количество различных CAD/CAM-программ. Чаще CAM-модуль бывает в составе универсальной PLM-системы, так как сквозное проектирование, где все параметры изделия зависят друг от друга и реагируют на изменения любой стадии, является наиболее предпочтительным. Также постоянно ведется разработка новых программ и совершенствование существующих. Каждый производитель стремится упростить освоение и использование продукта, а также развивать отличное от конкурентов направление. Это позволяет занять свою нишу и стимулирует специализированные производства использовать именно этот продукт. Однако на мировом рынке уже есть несколько лидирующих компаний, программные пакеты которых могут составить конкуренцию практически во всех областях.

Список литературы

1. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 430 с.

2. Невлюдов И.Ш., Великодный С.С., Омаров М.А. Использование CAD/CAM/CAE/CAPP при формировании управляющих программ для станков с ЧПУ // Вост.-Европ. журнал передовых технологий. – 2010. – № 2/2 (44). – С. 37–44.

3. Смелов В.Г., Шитарев И.Л. Пути 3D-параметризации лопаток ГТД для использования с CAD/CAM/CAE пакетах // Вестн. Самар. гос. аэрокосм. ун-та. – 2008. – № 3. – С. 44–47.

4. Глинских А. Мировой рынок CAD/CAM/CAE-систем // Компьютер-Информ: сайт. – URL: http://old.ci.ru/inform01_02/p_22-23.htm (дата обращения: 21.05.14).

5. Волков С.А. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов: учеб. пособие. – Рыбинск: Изд-во РГАТА им. П.А. Соловьева, 2005. – 120 с.

6. Прогрессивные технологии моделирования, оптимизации и интеллектуальной автоматизации этапов жизненного цикла авиационных двигателей: монография / А.В. Богуслаев [и др.]; Запорож. нац. техн. ун-т. – Запорожье: Мотор-Сич, 2009. – 468 с.

7. Суханов Ю. Проект «Короли» и «капуста» на ниве САМ: Действительные и мнимые лидеры мирового рынка САМ-систем в 2010 году, часть II // CAD/CAM/CAE Observer. – 2011. – № 8 (68). – С. 10–18.

Получено 7.10.2014

Сазонова Анна Олеговна – студент, ПНИПУ, МТФ, e-mail: anolsa@mail.ru.

Дроздов Андрей Александрович – аспирант, ПНИПУ, МТФ, e-mail: ittamp@mail.ru.